

番茄果实风味的组成及其影响因素研究综述

张莉^{1,2}, 胡志峰^{1,2}, 邵景成^{1,2}, 耿新军^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 农业农村部西北地区蔬菜科学观测实验站, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 番茄风味由番茄在成熟过程中形成的挥发性化合物决定, 在一定程度上决定了消费者对番茄购买的选择。决定番茄风味的物质在番茄的成熟过程中会经历动态的变化过程, 从最初释放到香气富集直至消耗殆尽, 受到诸多因素的影响。通过阐述番茄香气物质合成的关键途径和关键物质, 以了解如何加速通过香气物质合成的准备期, 延长香气富集的累积期, 尽量减少香气物质的损耗期, 为番茄风味品质的提升提供参考。

关键词: 番茄; 果实风味; 香气; 芳香物质; 合成途径; 影响因素

中图分类号: S641.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)12-0085-08

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.12.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.12.020)

A Review on The Composition and Influencing Factors of Flavor in Tomato Fruit

ZHANG Li^{1,2}, HU Zhifeng^{1,2}, SHAO Jingcheng^{1,2}, GENG Xinjun^{1,2}

(1. Institute of Vegetables, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Northwest Vegetable Science Observation and Experimental Station, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The flavor of tomatoes is determined by the volatile compounds formed during the ripening process of tomatoes, which to a certain extent determines the choice of consumers to buy tomatoes. The substances that determine the flavor of tomatoes undergo dynamic changes during the ripening process of tomatoes, from initial release to aroma enrichment to depletion, and are affected by many factors. In order to understand how to speed up the preparation period of aroma material synthesis, prolong the accumulation period of aroma material enrichment, and reduce the loss period of aroma material as far as possible, the key ways and key substances of tomato aroma material synthesis were expounded, so as to provide reference for the improvement of tomato flavor quality.

Key words: Tomato; Fruit flavor; Aroma; Aromatic substances; Biosynthetic pathway; Impact factors

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)为茄科番茄属的一年生草本植物, 是一种世界范围内广泛种植的果蔬类植物, 其在全球范围内的总产量在果蔬类名列前茅。番茄深受东方饮食习惯的喜好, 在我国具有世界最多的

种植面积, 总产量更是遥遥领先^[1-4]。番茄适应性较强, 可在无霜期内栽培, 也可反季节在温棚内栽培^[5]。甘肃省地处我国西部内陆, 拥有高海拔、昼夜温差大、长时间光照和低降水量等自然气候条件, 极其适宜番

收稿日期: 2020-10-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(31660572)、农业农村部西北地区蔬菜科学观测实验站(2015-A2621-620321-G1203-066)、甘肃省科技重大专项计划(17ZD2NA015)、甘肃省农业科学院科研条件建设及成果转化项目(2019GAAS06)。

作者简介: 张莉(1987—), 女, 甘肃张掖人, 研究实习员, 硕士, 研究方向为番茄育种。Email: 15117115362@163.com.cn。

通信作者: 胡志峰(1974—), 男, 甘肃陇南人, 副研究员, 主要从事番茄育种研究工作。Email: huzf@gsagr.ac.cn。

茄生长,因而成为我国主要的保护地番茄产区之一^[6],并已逐渐成为优质番茄种植区和加工区。

番茄作为一种水果蔬菜^[7],其果实中含有丰富的糖类、有机酸、多种维生素、类胡萝卜素、番茄红素、蛋白质、矿物质、类黄酮等多种营养素^[8],独特的风味和丰富的食用方式使得番茄在消费者的餐桌上占据了重要的地位。

21 世纪后,生活水平的逐渐提高使人们对番茄的需求发生了根本性的改变,人们对番茄从吃得上转变为了吃得好,更多的追求番茄良好的感官品质。这其中除安全卫生的基本要求外,包含了从外观、营养素含量和风味品质等一系列的要求^[9],因此番茄育种工作的重点也相应的需要改变,完成从量到质的转型^[10]。

在过去的近半个世纪,番茄的育种研究强调丰产性、抗病性、耐贮性品种,培育出了一系列高产抗病耐贮的品种,导致了对番茄风味的忽略,包括挥发性香气物质^[11]。香气物质是番茄风味的基础,也是番茄品质的重要组成部分,它由多种挥发性芳香物质组成,这些挥发性物质决定了番茄的独特风味^[12],且它们与糖和酸共同作用,影响消费者对番茄产品的感官选择以及接受度,甚至对消费者选择番茄的偏爱程度和购买欲起了决定性作用^[13]。因此,番茄果实品质改良,尤其是风味改良是现阶段番茄育种的热点与首要目标。

番茄的风味由番茄在成熟过程中形成的挥发性化合物决定,而风味在一定程度上决定了消费者对番茄购买的选择。决定番茄风味的物质在番茄的成熟过程中会经历动态的变化过程,从最初释放到香气富集直至消耗殆尽,受到诸多的因素影响。

1 番茄果实中的芳香物质组成

番茄果实的感官品质由其成熟番茄果实的酸甜度、果肉的硬度、果汁含量构成,基

本包括糖类、酸类、Vc、番茄红素、可溶性固形物、氨基酸组分等^[14]。番茄的风味主要由一些醇类、醛类、酮类、萜类和酯类以及含硫化合物等挥发性成分构成^[15]。番茄果实的整体香味是由多种物质相互作用产生的,不仅取决于挥发物质的种类和含量,还与构成比例相关,使得特征香气成分种类多的品种整体香味呈现得更为浓郁^[12]。挥发性芳香物质在番茄果实中的全部含量虽然仅约为 2 mg/kg,但却是影响番茄风味的最重要因素。番茄果实芳香物质的研究最早可追溯至 20 世纪中叶,限于当时的知识结构和检测手段,仅确定乙醛、3-甲基正丁醇等芳香物质是构成番茄香气主成分,随着研究的深入,研究学者们在成熟的番茄果实中发现了越来越多的芳香物质。

截止目前的研究表明,在成熟的番茄果实中发现了高达 400 多种挥发性化合物,种类涵盖了醇、醛、酮、酯、萜及含硫化合物等,有 20~30 种物质的浓度超过 1.000 nL/L^[14-15]。其中,大约有 16 种物质具有积极气味单位值(番茄浓度除以气味阈值),是构成番茄风味的主要物质基础并对番茄香气有显著贡献(表 1)。此外,有研究表明,一部分芳香物质的对数阈值单位即使为负时依然可以作为背景香气物质影响番茄香气,这其中包含如香叶醛、橙花醛、香叶基丙酮和愈创木酚等常见的呈味物质。这说明番茄果实的香气感知不仅取决于各挥发性化合物的组成、浓度和阈值,还取决于它们之间的相互作用^[9]。

芳香物质的合成途径根据其前体物质不同主要分为 3 条。第 1 条来自以脂肪酸为前体的生物合成途径,通过氧脂素途径产生 C₆ 和 C₅ 醛和相应的醇;第 2 条来自以类胡萝卜素为前体的生物合成途径,通过类胡萝卜素卵裂双氧酶(CCD)产生裂解化合物;第 3 条来自以氨基酸为前体的生物合成,产生支链氨基酸和酚类挥发物。番茄果实的芳香

表 1 番茄果实中重要芳香物质含量阈值浓度和对数阈值单位

序号	芳香物质	实际含量 /(ng/kg mf)	阈值质量浓度 /(ng/L)	对数阈值单位
1	顺-3-己烯醛	6.000 0	0.250	3.700
2	β-紫罗兰酮	0.002 0	0.007	2.800
3	己醛	1.550 0	4.500	2.800
4	β-大马酮	0.000 5	0.002	2.700
5	1-戊烯-3-酮	0.260 0	1.000	2.700
6	2-甲基丁醛、3-甲基丁醛	0.013 5	0.200	2.100
7	反-2-己烯醛	0.135 0	17.000	1.200
8	2-异丁基噻唑	0.018 0	3.500	1.000
9	1-硝基-2-乙基苯	0.008 5	2.000	0.900
10	反-2-庚烯醛	0.030 0	13.000	0.700
11	2-苯乙醛	0.007 5	4.000	0.600
12	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.065 0	50.000	0.400
13	顺-3-己烯醇	0.075 0	70.000	0.300
14	2-苯乙醇	0.950 0	1 000.000	0.300
15	3-甲基丁醇	0.190 0	250.000	0.200
16	水杨酸甲酯	0.024 0	40.000	0.008

物质是以细胞合成的脂肪酸、氨基酸、类胡萝卜素和酚类等四类为物质基础的(图1)。这些前体物质通过呼吸和光和作用由 CO₂ 经过卡尔文循环形成蔗糖,再通过糖酵解、莽草酸和甲羟戊酸途径形成^[16](图2)。

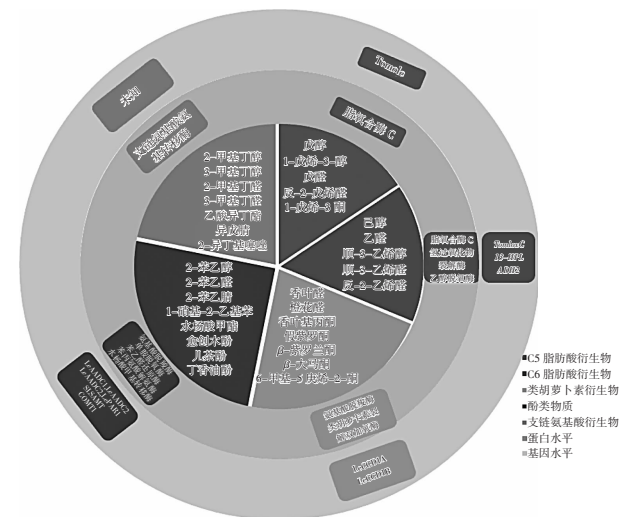


图 1 番茄果实芳香物质来源

1.1 以脂肪酸为前体的生物合成途径

亚油酸和亚麻酸等脂肪酸是番茄果实风味形成中的主要前体物。其合成途径主要是脂肪酸向挥发性芳香物质的代谢,这个代谢途径通常由脂氧合酶系统(LOX)、脂氢过

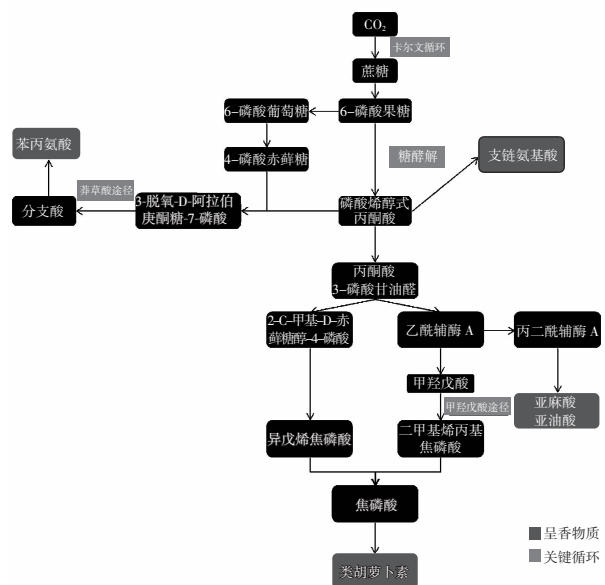


图 2 番茄果实中重要芳香物质前体的起源

氧化物裂解酶系统(HPL)和氧化还原酶系统(ADH)共同参与催化相关反应。亚油酸(C18-2)或亚麻酸(C18-3)分别经脂氧合酶C(TomloxC)形成亚油酸氢过氧化物(13-HPO C18-2)和亚麻酸氢过氧化物(13-HPO C18-3),而后 13-氢过氧化物裂解酶(13-HPL)起主要作用催化前体分别形成了己醛和顺-3-己烯醛,最后经过乙醇脱氢酶 2(ADH2)的作用还原成己醇和顺-3-己烯醇,而顺-3-

己烯醛也能通过酶促或非酶促反应形成反-2-己烯醛，这些物质具有青草味和生青味(图3)。以上物质皆在番茄香气形成中起到一定作用。

与众所周知的 C6 挥发物合成途径相比，C5 挥发物的生物合成途径尚不清楚，但 C5 芳香物质如戊醇、1-戊烯-3-醇、戊醛、反-2-戊烯醛和 1-戊烯-3-酮作为呈现果香味的主要成分，其含量决定了消费者对番茄的喜好程度^[17]。

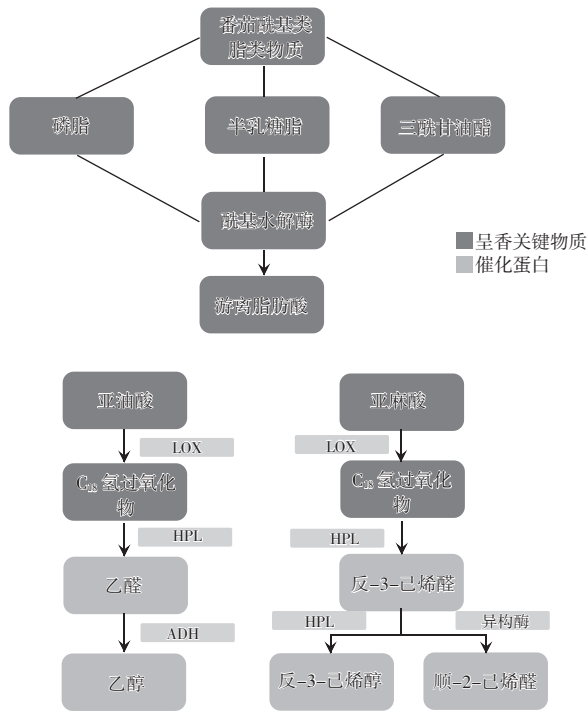


图 3 番茄果实中 C6 芳香物质合成途径

1.2 以类胡萝卜素为前体的生物合成途径

在过去的 10 多年里，对芳香化合物化学合成调控的认识主要集中在单一基因和途径上(图3)，一些基因已经在生物化学代谢途径上被鉴定，通过驯化番茄与相关野生品种杂交得来的引种系(ILs)实验表明，番茄红素与β-胡萝卜素是番茄果实中的主要类胡萝卜素，多具有果香味和芳香味，对番茄的香气有重要的贡献作用。而通过代谢组学和蛋白组学实验发现香叶醛、橙花醛和假紫罗酮的合成来自于番茄红素及其前体。类胡萝卜素含量较高的番茄，其相应的芳香物质

种类及含量也较高。

1.3 以氨基酸为前体的生物合成途径

番茄果实中大量挥发性化合物来自氨基酸。它们可以分为两类：酚类和支链类化合物。随着分子标记技术的发展，水果蔬菜中的关键性功能物质合成途径被一一揭示。在番茄果实中，花香味主要由苯丙氨酸相关代谢化合物贡献，而土腥味主要存在于 1-硝基-2-乙基苯，此外具有薄荷味的水杨酸甲酯、具有丁香味的儿茶酚和丁香油酚共同构成了番茄的独特风味^[18]。电子鼻(GC-O)技术的应用大大加深了风味与物质间联系的量化可能性，消除了由于个人喜好所造成的在感官评价时的误差值。近年来利用 GC-O 技术，确定了支链酯类物质，包括了 2-甲基丁醇、3-甲基丁醇、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、乙酸异丁酯、异戊腈和 2-异丁基噻唑。其中 2-甲基丁醇、3-甲基丁醇、2-甲基丁醛和 3-甲基丁醛等赋予果实独有的焦糖味，而乙酸异丁酯的辛辣味、异戊腈的果香味和 2-异丁基噻唑的番茄果香味与生青味也都通过新的测定技术得到了印证。

2 影响番茄果实风味物质的因素

番茄果实的风味物质受很多因素的影响，首先是在近年来，番茄育种工作重点主要放在丰产性、耐贮性以及抗病性上，忽略了番茄的风味品质；其次不同品种番茄基因不同，其所富有的风味物质不同。此外，构成番茄香气的芳香物质在番茄果实成熟过程中不断合成和累积，芳香物质的种类和含量不断发生变化。栽培条件、贮运环境等不同的采前采后因素对番茄果实的风味物质也有所影响。

2.1 基因对番茄风味品质的影响

基因决定了生物的一切表型，对番茄果实中芳香物质组成更是起着决定性作用。不同基因种类的果实，其主要风味物质是不同的，不同基因型的番茄品种造成其在风味物质合成中各关键蛋白的表达量不同，因而形

成风味的差异。

密森等^[19]对不同基因型的番茄芳香物质进行分析研究。分别选取不同果型番茄果实进行芳香物质测定,在基因更为丰富的樱桃番茄中检测到的脂肪酸含量是普通番茄的两倍,再次证明基因同风味的紧密关联。在加工番茄和鲜食番茄的芳香物质对比中,具有较少芳香物质的鲜食番茄其特征效应化合物却多于加工番茄。对 5 种不同果色的新鲜樱桃番茄品种果实的挥发性物质成分和含量测定实验中发现^[20],拥有不同基因型的番茄中挥发性物质的差异也极为显著,不同基因类型决定了番茄的果色和香气,其中红果品种的挥发性芳香物质为 46 种、粉果品种为 45 种、紫色品种为 44 种、黄色品种为 38 种、绿色品种为 34 种。挥发芳香物质总含量粉色品种最多,其次为红色品种,绿色品种挥发性芳香物质含量最少。5 个品种共有的挥发性成分有 14 种,但不同品种的挥发性成分种类和含量都存在很大的差异,尤其以类胡萝卜素为前体合成的挥发性物质差异最为明显。在关于佛罗里达州的 38 个不同基因型的番茄果实中芳香物质组成的研究中发现了与之前研究同样的结果:不同果型、不同果色得番茄果实的芳香物质都不尽相同^[21]。

2.2 采摘期对番茄风味品质的影响

果实的风味形成需要经过一系列生物化学反应的进行,其中包括了香气代谢关键蛋白的转录和翻译过程,它是随着果实的成熟度不同而动态变化的,随着果实成熟,相关基因表达量增加,香气快速累积。

美国农业部根据番茄果实表面的颜色变化将成熟过程分为 6 个时期,包括绿熟期、破色期、转色期、粉红期、微红期和红熟期^[22]。果实的不同成熟时期会对果实的香气成分及组成有影响,伴随着叶绿体向有色体的转化,发生了一系列定性和定量的生化变化,改变了番茄果实的挥发性物质^[23]。

不仅风味如此,其果色、品质和营养成分都随果实成熟度的变化而不同,影响果实营养品质和风味品质的各类物质在此阶段大量形成^[24]。番茄果实在成熟过程中的芳香物质前体以及酶也会发生一系列变化,在成熟期时产生特有的熟化番茄芳香及气味^[25]。番茄的风味物质累积在红熟期达到最佳,但红熟期果实较软,不利于运输贮存,供应商为了延长物流时间以及减少运送过程中的损耗,通常会在成熟早期进行采摘以延长货架期,由于绿熟期调控香气物质合成的相关基因表达量较低,因此果实风味品质不佳。研究表明,红熟期采收的果实确实比早熟期采收的挥发性芳香物质更丰富,番茄香气也更浓郁^[26]。番茄在早熟期合成顺-3-己烯醛、1-戊烯-3-酮等关键物质的基因表达水平较低,因此产物水平较低,影响了番茄风味的呈现,风味较差^[27]。尽管成熟早期采收的果实也可通过后熟达到风味累积的效果,但与相关基因高表达量的红熟期采收样品相比,其芳香物质还是存在较大差异。有学者对番茄果实成熟过程中芳香物质的动态变化做了较为详细的研究,表明绿熟期酯类物质合成相关蛋白的基因表达量最高,而随着果实成熟度的增加酸类呈现先升后降的趋势^[28]。密森等^[19]对不同成熟度番茄果实的芳香物质进行动态跟踪测定后发现,在番茄成熟过程中,芳香物质种类和特征效应化合物数量具有显著同步增加的趋势,并在红熟期达到稳定状态,与之前的研究一致。

2.3 栽培条件对番茄风味品质的影响

栽培条件主要包括栽培季节、栽培方式、温度、日照强度和时长、灌溉水量和肥料使用等因素。有研究分析了番茄在秋冬和春季种植时番茄果实的芳香物质组成具有显著性差异,结果表明温度可能在关键呈香物质合成的过程中起到了作用,其中春茬番茄果实特征芳香物质含量明显高于秋冬茬,这可能是由于春季温度较为温和、相关反应酶

活力较高^[29]。近年来,基质栽培、水培等栽培模式也在大力发展,研究表明水培番茄的果实风味要优于传统的土壤栽培方式。此外,适当的补光有利于提高番茄果实中番茄红素的质量分数及番茄芳香物质的积累^[30]。由于酶促反应中的酶活力除了受到温度等因素影响外,金属离子的催化作用也必不可少,因此肥料的使用会促进相关酶促反应速度,加快相关风味物质的合成^[31]。土壤中的微量元素同样会对果实芳香物质的累积有影响,与在正常土壤中种植的番茄相比,在缺硼和多硼的土壤中、或者缺锌和多锌的土壤中番茄果实的芳香物质组分数和含量都会发生变化^[32]。

2.4 采后处理对番茄风味品质的影响

番茄属于呼吸跃变型果蔬,完熟期的果实采后不易贮藏与运输,其商品性由于腐烂和挤压变质大大降低,通过采摘后的保鲜处理可降低损失。采后贮藏条件同样会影响果实芳香物质的合成累积和分解。一般为了延长果实的货架贮藏期会采用多种保鲜手段,如对果实的贮藏温度、湿度、气调条件等进行调控,贮藏时间和采后化学试剂的使用也会影响果蔬的风味,不恰当的采后处理则会影响番茄果实的风味品质。适当的冷冻环境应用会减缓成熟,延长贮藏期,而不会引起冻害,如点蚀和腐烂。然而,有研究表明,香气品质往往受低温影响,低温处理番茄果实通常能够抑制醛、醇、酮、酯、酸和萜类化合物的合成与挥发,如己醛、2-苯基乙醇、反-2-己烯醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮、2-甲基丁醇- β -紫罗兰酮等^[33]。

3 结束语

水果和蔬菜的味道由不同的化学物质呈现,这些化学物质包括可以与味觉感受器相互作用的非挥发性物质以及可以与嗅觉感受器相互作用的挥发性化学物质。就风味而言,最重要的是糖、酸和一些水果中的苦味化学物质。最常见的水果糖是蔗糖、葡萄糖

和果糖。但一些其他的糖,如山梨醇,在某些物种中很重要,如苹果和甜樱桃。最常见的酸包括柠檬酸、苹果酸和抗坏血酸。果实风味物质的动态变化具有实时性和复杂性。在大多数水果中可以检测到数百种挥发物,其中番茄中有400多种可检测的挥发物。更复杂的是,许多挥发性也可以转换为非挥发性,而这些番茄风味的挥发性物质都由组成番茄的基因所决定。

育种人员直接的服务者是种植者,种植者报酬多少取决于种植产量,因此育种者育种的重点多着眼于如何降低劳动力、提高产量、增强抗病虫害和减少采后处理成本方面。由于商业生产的驱动,种植者因风味品质提高而获得的报酬提升并不大,继而导致育种者对风味改良的忽略。此外,风味的精准测定较为困难,风味的累计及变化多数受外界环境影响,而消费者对风味品质的要求也不尽相同。多种原因导致市场上的番茄成为了消费口中的“没有番茄味的番茄”。消费者在农产品消费上永远倾向味道好,营养丰富等指标,育种工作者面临的挑战就是如何在不影响种植者要求,及不降低种植品质的情况下,为消费者提供更高质量的产品。

番茄因其生活周期短、二倍体基因组简单、基因组序列可用性强和植物转化工具性强而被普遍使用为茄科模式植物^[34-35]。番茄的遗传多样性较窄,培育高产品种、提高番茄品质和抗非生物胁迫能力是一项艰巨的任务,解决这一难题的最佳方法是分子育种,即把复杂的性状简化为一组分子标记。分子生物学技术的发展和成本的降低使得大规模基因组测序得以广泛开展,促进了全基因组关联研究(GWAS)。如今可以通过各种检测技术将消费者的偏好与各种风味化学物质连接起来,通过识别并调控合成各分子的基因及相关等位基因。这一过程整合了人类感官科学、生物化学、遗传学和基因组学来定义水果风味的化学物质,并为如何提高风

味质量提供新的思路。

参考文献:

- [1] 尚乐乐, 宋建文, 王嘉颖, 等. 番茄果实品质形成及其分子机理研究进展[J]. 中国蔬菜, 2019(4): 21-28.
- [2] 张举军. 7个加工型番茄品种在景泰县的引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2020(5): 46-50.
- [3] 胡志峰, 邵景成, 张莉. 番茄抗TYLCV新品系2019113选育[J]. 甘肃农业科技, 2019(11): 12-14.
- [4] 汪东晖. 武山县秋延茬大棚番茄栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2020(6): 94-96.
- [5] 尚立俊. 甘肃景泰地膜垄作番茄生产现状与发展对策[J]. 中国园艺文摘, 2013, 29(10): 63-64.
- [6] 胡志峰, 邵景成. 甘肃省保护地番茄生产现状、问题及对策[J]. 长江蔬菜, 2014(8): 75-77.
- [7] 陈月英. 番茄的加工利用现状及发展趋势[J]. 农产品加工, 2005(3): 55-56.
- [8] 刘淑梅, 苏晓梅, 刘磊, 等. 不同番茄品种的品质分析与评价[J]. 辽宁农业科学, 2020(5): 21-23.
- [9] ALMAROAI Y A, EISSA M A. Effect of biochar on yield and quality of tomato grown on a metal-contaminated soil[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 265: 109210-109216.
- [10] 徐强, 郝玉金, 黄三文, 等. 果实品质研究进展[J]. 中国基础科学, 2016, 18(1): 55-62.
- [11] MAUL F, SARGENT S A, SIMS C A, et al. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature[J]. Journal of Food Science, 2000, 65: 1228-1237.
- [12] BALDWIN EA, GOODNER K, PLOTTO A. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors[J]. Journal of Food Science, 2008, 73: 294-307.
- [13] EL HADI MAM, ZHANG F-J, WU F-F, et al. Advances in fruit aroma volatile research[J]. Molecules, 2013, 18: 8200-8229.
- [14] BALDWIN E A, SCOTT J W, EINSTEIN M A, et al. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1998, 123: 906-915.
- [15] BUTTERY R G, TAKEOKA G R. Some unusual minor volatile components of tomato[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52: 6264-6266.
- [16] RAMBLA J L, TIKUNOV Y M, MONFORTE A J, et al. The expanded tomato fruit volatile landscape[J]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65: 4613-4623.
- [17] TIEMAN D, BLISS P, MCINTYRE L M, et al. The Chemical Interactions Underlying Tomato Flavor Preferences[J]. Current Biology, 2012, 22: 1035-1039.
- [18] KLEE H J, TIEMAN D M. The genetics of fruit flavour preferences[J]. Nature Reviews Genetics, 2018, 19: 347-356.
- [19] 密森. 番茄果实主要芳香物质含量和营养品质组成变化的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2012.
- [20] 常培培, 梁燕, 张静, 等. 5种不同果色樱桃番茄品种果实挥发性物质及品质特性分析[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 215-221.
- [21] BALDWIN E A, SCOTT J W, BAI J. Sensory and chemical flavor analyses of tomato genotypes grown in florida during three different growing seasons in multiple years[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2015, 140: 490-503.
- [22] 王利斌, 李雪晖, 石珍源, 等. 番茄果实的芳香物质组成及其影响因素研究进展[J]. 食品科学, 2017, 38(17): 291-300.
- [23] BRANDES W, BAUMANN R, WURM L, et al. Aroma profiles of apple cultivars under identical and different production management[J]. Mitteilungen Klosterneuburg, 2015, 65: 178-192.
- [24] GAO H Y, ZHU B Z, ZHU H L, et al. Effect of suppression of ethylene biosynthesis on flavor products in tomato fruits[J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2007, 54: 80-88.
- [25] 宋耀, 张静. 樱桃番茄采后贮藏保鲜技

舟曲县乌龙头栽培技术及发展建议

乔德华¹, 程卫东¹, 宗瑞谦², 高继明³, 李林辉², 王季庆², 张金利⁴, 马喜曼⁵
(1. 甘肃省农业科学院农业经济与信息研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 舟曲县农业技术推广站, 甘肃 舟曲 746300; 4. 甘肃省水利厅驻舟曲县果耶乡帮扶工作队, 甘肃 舟曲 746306; 5. 张家川县百福园苗木场, 甘肃 张家川 741500)

摘要: 从选地整地、苗木选择、合理密植、田间管理、适时采收等方面介绍了舟曲县乌龙头栽培技术要点。

关键词: 乌龙头; 产业培育; 栽培技术; 舟曲县

中图分类号: S647

文献标志码: B

文章编号: 1001-1463(2020)12-0092-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.12.021

舟曲县境内山大沟深, 海拔较高、耕地稀少, 土地贫瘠且多为山坡地, 农业生产环境

恶劣, 农业基础较差, 自然资源匮乏。人口密度大, 但劳动力缺乏, 农村实用技能人才稀

收稿日期: 2020-09-18

基金项目: 甘肃省哲学社会科学规划重点招标课题“后扶贫时代甘肃省解决相对贫困问题的长效机制研究”(20ZD005); 甘肃省农业科学院科技成果转化项目“舟曲县果耶乡乌龙头产业培育”(2019GAAS-CGZH09)。

作者简介: 乔德华(1964—), 男, 甘肃灵台人, 研究员, 研究方向为区域农业经济、农业产业化、反贫困问题。Email: qdehua@163.com。

- 术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(5): 116-120.
- [26] CHAUDHARY J, ALISHA A, BHATT V, et al. Mutation breeding in tomato: Advances, applicability and challenges[J]. Plants-Basel, 2019, 8(5): 128-136.
- [27] MAUL F, SARGENT S A, BALABAN M O, et al. Aroma volatile profiles from ripe tomatoes are influenced by physiological maturity at harvest: An application for electronic nose technology[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1998, 123: 1094-1101.
- [28] 陈书霞, 陈巧, 王聪颖, 等. 绿叶挥发物代谢调控及分子机理研究进展[J]. 中国农业科学, 2012, 45(8): 1545-1557.
- [29] 杨明惠, 陈海丽, 唐晓伟, 等. 不同栽培季节番茄果实芳香物质的比较[J]. 中国蔬菜, 2009(18): 8-13.
- [30] 柳帆红, 肖雪梅, 郁继华, 等. 不同时段补光对日光温室番茄营养与风味品质的影响[J]. 西北农业学报, 2020, 29(4): 570-578.
- [31] 张志明. 二氧化碳施肥对番茄果实品质的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [32] 李梅兰, 吴俊华, 李远新, 等. 不同供硼水平对番茄产量及风味品质的影响[J]. 核农学报, 2009, 23(5): 875-878; 890.
- [33] WANG L, BALDWIN E A, BAI J. Recent advance in aromatic volatile research in tomato fruit: The metabolisms and regulations [J]. Food and Bioprocess Technology, 2016, 9: 203-216.
- [34] JUST D, GARCIA V, FERNANDEZ L, et al. Micro-Tom mutants for functional analysis of target genes and discovery of new alleles in tomato[J]. Plant Biotechnology, 2013, 30: 225-231.
- [35] RANJAN A, ICHIHASHI Y, SINHA N R. The tomato genome: implications for plant breeding, genomics and evolution[J]. Genome Biology, 2012, 13: 167-174.

(本文责编: 郑立龙)